2-elementtinen lyhennetty yagi-antenni 40 m:lle

Jari Ojala, OH8LQ

Taustaa

RA:ssa 9/2008 oli nelielementtisten antennien rakentamisesta kertova kirjoitukseni, ja jutun ilmestymisen jälkeen sain paljon positiivista palautetta ja kyselyitä ”olenko rakentanut 40 m:n antenneja?”. Olen rakentanut lyhennettyjä ja täysmittaisia. Lyhennetyt antennit ovat olleet ns. linear loading -tyyppisiä, joissa pidennys on tehty katkaisemalla elementti ja tekemällä vaijerilenkki, joka pidentää elementtiä. Uusimpana versiona kokeilin kelalla pidennettyä antennia, josta kerron tässä kirjoituksessa. Lyhennetyn antennin teko tuli ajankohtaiseksi, koska aloin suunnitella stakkia mastoon, jonka harusten alla ei täysimittainen mahtuisi pyörimään.

Antennin suunnittelu

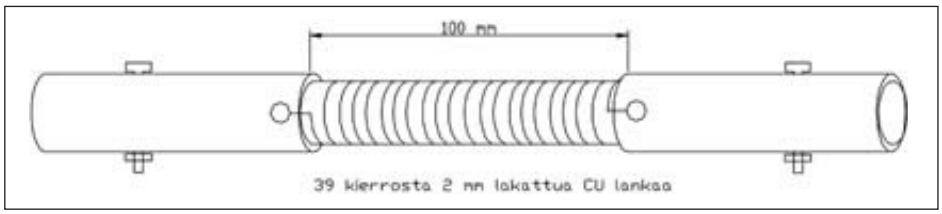
Suunnittelun aloitin netissä surffaten ja tutkimalla miten valmiit antennit on tehty ja etsien hyviä ratkaisuja useammasta eri antennista. Heti alussa oli selvää, että elementit olisivat katkaistut ja puomista eristetyt, jolloin ne voisi virittää helposti oikealle taajuudelle. Simuloimalla yhtä elementtiä etsin kelalle paikkaa ja sopivaa pituutta elementille. Kun sain dipolin toimimaan, lisäsin toisen elementin ja aloin etsiä oikeaa puomin pituutta. Lisäksi hain elementeille oikeita resonanssitaajuuksia, jotta saisin antennille halutut ominaisuudet. Päädyin käyttämään heijastin- ja säteilijäelementtejä, koska hain antennille parasta mahdollista F/B-suhdetta. Simuloin antennia eri korkeuksilla yksinään sekä stakissa toisen kanssa. Kannattaa kuitenkin huomioida, että siirryttäessä pois mitoitustaajuudelta antennin suuntakuvio alkaa aika nopeasti muuttua.

Antennin rakenne

Pidennyskelat olen tehnyt suoraan lasikuituputken päälle, jolla elementti katkaistaan. Kela on käämitty 2 mm:n kuparilangalla, ja kuparilangan päihin on juotettu kaapelikengät. Kelan halkaisija on suhteellisen pieni, tässä n. 25 mm, joten kelan Q-arvo ei ole paras mahdollinen, mutta näin tehtynä kelasta saa helposti kestävän rakenteen. Sääsuojaksi olen laittanut liimalla varustettua kutisteputkea valmiin elementissä kiinni olevan kelan päälle. Kutisteputkena kannattaa käyttää halkaisijaltaan mahdollisimman suurta, esim. 50 mm, jolloin kutistettaessa tulee mahdollisimman paljon liimaa kelaan, mikä toivon mukaan estää veden pääsyn kelaan.

Jos kelan häviöitä halutaan pienentää, niin kelan voisi tehdä erilliselle rungolle, jonka halkaisija olisi huomattavasti suurempi ja tehdä sen paksummalla langalla.

Katkaistun elementin puolikkaat kiinnitetään toisiinsa lasikuituputkella ja ruuveilla.



Kuva 1. Kelan rakenne.



Kuva 2. Valmis kela.



Kuva 3. Elementin kiinnitys puomiin.

Tässä antennissa olen käyttänyt elementin paksuimpina putkina 40 x 2 mm:n ja 35 x 2 mm:n alumiiniputkia. 40 mm:n putken sisään on laitettu koko pituudelta 35 mm:n putki; tällä keinolla elemetistä on saatu kestävämpi.

Elementtien kiinnityksen puomiin olen tehnyt käyttämällä alumiinilattaa, joka kiinnitetään puomiin pakoputkiklemmareilla. Elementtiputket kiinnitetään lattaan hydrauliikkaliikkeistä saatavilla kiinnikkeillä. Kiinnikkeet on tarkoitettu hydrauliikkaletkujen kiinnitykseen. Kiinnikkeitä löytyy ainakin 15 mm:stä eteenpäin. Kiinnikkeitä on monelta valmistajalta ja osa on sellaisia, että voi epäillä niiden kestävyyttä, joten järki käteen.

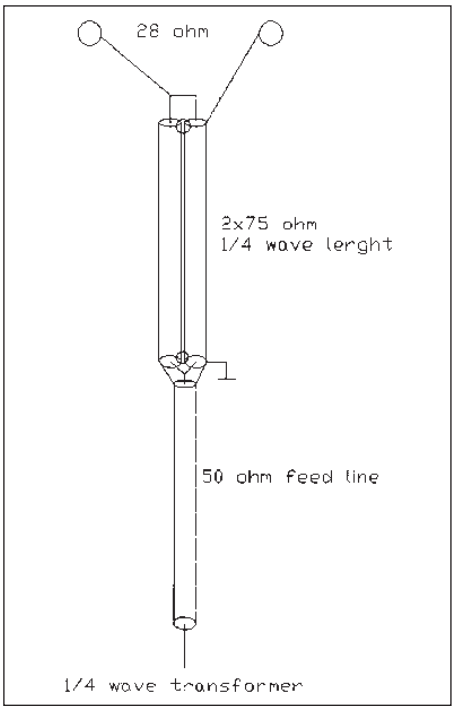
Puomi on 6 m:n salko 75 x 3 mm:n alumiiniputkea, joka on tuettu yhdellä vaijerilla.

Kokoaminen

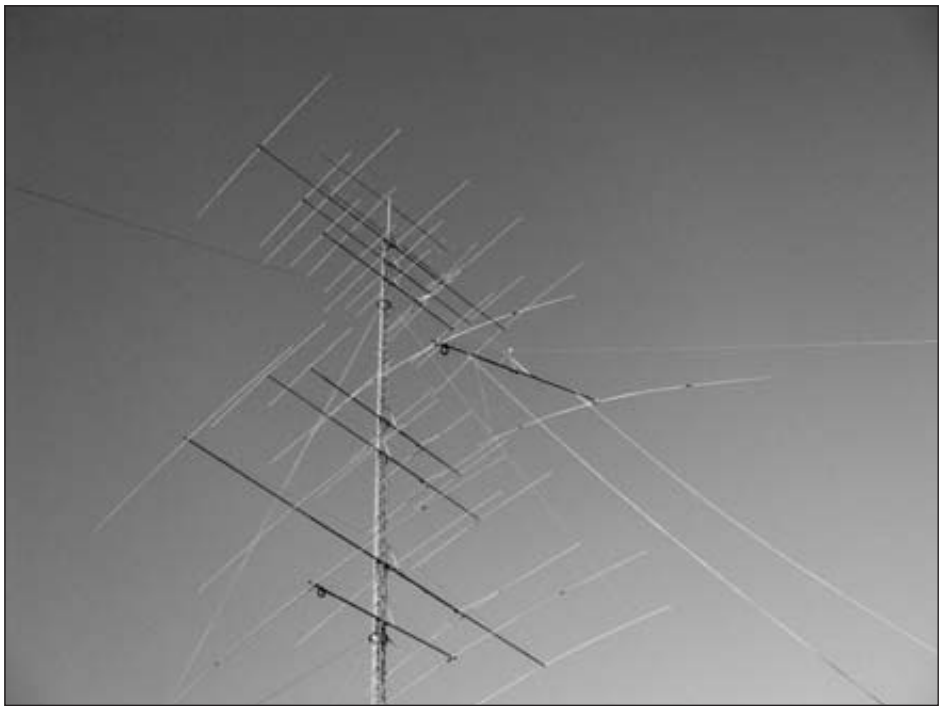
Antennin elementtien putket katkotaan oikeisiin mittoihin ja liitetään toisiinsa ruuveilla. Liitoksiin voi/tulee käyttää alumiinille tarkoitettua liitosrasvaa. Halkaisijaltaan 19 mm:n putken toinen pää sahataan halki kahteen suuntaan n. 20 mm:n matkalta, jolloin saadaan lukittua 15 mm:n putki tiukasti paikoilleen.

Pidennyskelat tulevat 28 mm:n putkeen. Nämä sektiot on hyvä tehdä valmiiksi ennen elementin kokoamista. 28 mm:n alumiiniputki katkaistaan kohdasta, johon kela tehdään.

Seuraavaksi katkaistaan n. 300 mm:n mittainen pätkä 25 mm:n lasikuituputkea. Jos ei ole saatavilla sopivaa lasikuituputkea, niin voi käyttää ohuempaa putkea ja kasvattaa putken oikean paksuiseksi lasikuitukankaalla ja hartsilla.



Kuva 4. Sovitus 28 à 50 ohmiin.



Kuva 5. Ylempi antenni menossa 36 metriin.

Kela tulee elementtiin 4,63 m:n etäisyydelle puomista, eli 28 mm:n putki katkaistaan 0,53 m:n kohdalta. Kelan pituus on n. 100 mm, eli lasikuituputki menee 100 mm alumiiniputken sisään. Alumiiniputki kiinnitetään 4 x 35 mm:n ruuvilla lasikuituputkeen, ja tämän lisäksi olen käyttänyt lasikuidulle tarkoitettua hartsia. Hartsi on ruiskutettu lasikuitu- ja alumiiniputkien väliin (kuva1).

Kela käämitään 2 mm:n kuparilangalla lasikuidun päälle. Induktanssi on 9,6 uH, mikä tarkoittaa n. 39 kierrosta 25 mm:n halkaisijalle. Kuparilangan päihin juotetaan kaapelikengät. Kelan päät kiinnitetään alumiiniin levyruuveilla. Kaapelikenkien tulee olla tinattua kuparia ja levyruuvin mielellään ruostumatonta terästä tms. materiaalia, sähkökemiallinen sarja huomioon ottaen.

Kun kela on valmis, sen päälle kutistetaan liimalla varustettu kutistemuoviletku, joka menee reilusti alumiiniputkienkin päälle. Ainakin halkaisijaltaan 50 mm:n kutistemuovi kutistuu riittävästi (kuva 2).

Alumiiniosien kokoamisen jälkeen elementin puolikkaat liitetään toisiinsa lasikuituisten eristeputkien avulla.

Elementtien puomiin kiinnitystä varten tarvitaan 400 mm:n mittaiset alumiinilatan palat, joihin porataan 9 mm:n reiät pakoputkiklemmareita varten sekä 6,5 mm:n reiät elementin kiinnitystä varten (kuva 3).

Elementtien kokonaismitat voivat hiukan vaihdella virityksen jälkeen, vaihtelu johtuu mm. kelan induktanssin toleranssista.

Elementit 7 MHz antennille

Elementti	Elementin mekaaninen kokonaispituus	Etäisyys heijastajasta
heijastin	n. 1480 cm	0
säteilijä	n. 1440 cm	590 cm

Viritys

Antennin elementit viritetään kokoamisen jälkeen oikeille resonanssitaajuuksilleen; heijastimen resonanssi on 6,930 MHz ja säteilijän 7,130 MHz. Viritys tehdään kun antenni on koottu valmiiksi. Heijastinelementin puolikkaiden yhdistysjohdon täytyy olla irrotettuna virityksen aikana ja heijastinta viritettäessä säteilijässä ei saa olla syöttöjohtoa kytkettynä. Viritys tapahtuu hakemalla resonanssitaajuus kohdalleen pidentämällä tai lyhentämällä elementtiä. Elementin ohuin putki menee edellisen putken sisään väljemmin, jolloin sillä voidaan tehdä viritys. Virityksen jälkeen putken liitos lukitaan ruuvilla ja vesijohtoklemmarilla paikalleen.

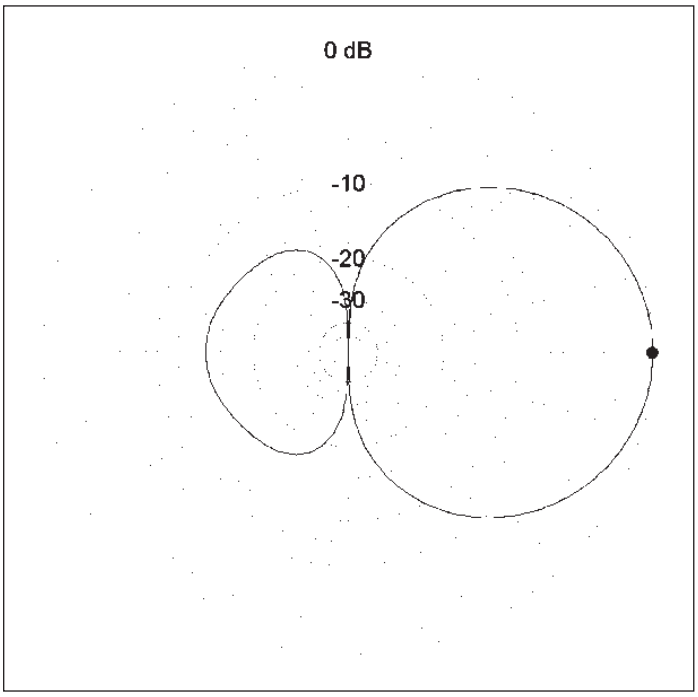
Viritys olisi hyvä tehdä antennin ollessa oikealla paikallaan, mutta en itse ole kiipeilymiehiä, joten tein sen nostamalla antennin n. 10 m maasta ja riittävän kauaksi



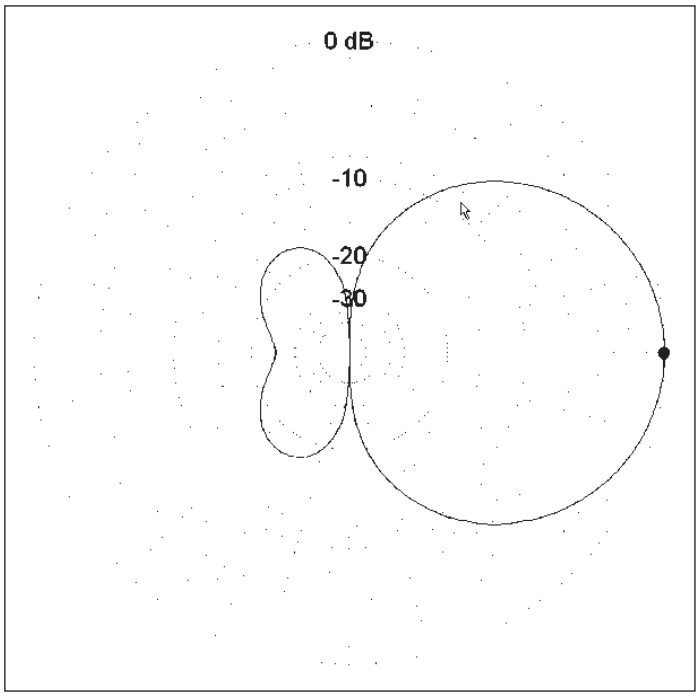
Kuva 6. Mastoonkiinnityslaipat.



Kuva 7. Syöttöpiste.



Kuva 8. Yhden antennin simuloitu suuntakuvio vapaassa tilassa.



Kuva 9. Stakin simuloitu suuntakuvio vapaassa tilassa.

isoista metalliesineistä.

Elementtien virityksessä olen käyttänyt ½-aallon pituista 75 ohmin koaksiaalikaapelia, joten tämän kaapelin alapäässä näkyy sama impedanssi muuttumattomana kuin elementin syöttöpisteessä.

Yksittäisen elementin resonanssi n. 10 m:n korkeudella on n. 50 ohmia. Resonanssillahan tarkoitetaan taajuutta, jolla reaktanssi on nolla eli impedanssi on puhtaasti resistiivinen.

Kummankin elementin virityksen jälkeen kytketään heijastinelementin oikosulku paikoilleen. Tämän jälkeen syöttöpisteen impedanssin pitäisi olla antennin resonanssitaajuudella n. 24–28 ohmia. Nykyisellään neljänkympin bandi on 7,000–7,200 MHz, jolle antennin saa menemään alle 2:1 SWR:llä, mutta jos bandi laajenee edelleen, niin joutuu miettimään virityssysteemin elementteihin.

Sovitus

Koska antennin syöttöimpedanssi ei ole 50 ohmia, antenni täytyy sovittaa siihen. Sovituksen voi tehdä ¼-aallon koaksiaalimuuntajalla. Tähän tarvitaan ¼-aallon pituinen pätkä 37,5 ohmin koaksiaalikaapelia. 37,5 ohmin kaapelin voi tehdä kytkemällä rinnan kaksi 75 ohmin kaapelia. Kaapeleiden pituus on sähköinen varttiaalto, eli on huomioitava kaapelin nopeuskerroin (kuva 4). Nämä rinnankytketyt kaapelit olen rullannut RF-kuristin -tyyppiseksi baluniksi, joten samalla saa myös balun-toiminnon. Tähän 37,5-ohmiseen kaapeliin kytketään suoraan 50-ohminen syöttöjohto.

Kokemuksia antennista

Antennit ovat 42 m:n mastossa, ylempi n. 37 m:ssä ja alempi n. 16 m:ssä. Lisäksi olen käyttänyt stack- (l. kerrostus-) purkkia, jolla voin joko valita antennit erikseen, molemmat yhdessä tai 180 asteen vaihe-erolla. Suuntakuvioita katsomalla saa antennista jonkinlaisen käsityksen. Simuloidut suuntakuviot ovat vapaassa tilassa, mutta mitatuissa näkyy tietysti maan vaikutus. Alempi antenni on vain 16 m:n korkeudella, joten siinä näkee maan vaikutuksen, joka on huomattava verrattuna ylempään antenniin. Kun mittasin suuntakuviota, luulin ensin, että alemmassa antennissa on jotain vialla, mutta verrattaessa aikaisempaan toisella asemalla olevaan vastaavaan, täytyi uskoa suuntakuvion muodon johtuvan maan vaikutuksesta. Ylemmän antennin suuntakuvio on lähes samanlainen kuin simuloitu. Kerrostettaessa antenneja lähtökulma laskee ja suuntakuvio ”litistyy”.

Jos kerrostettuja antenneja syöttää 180 asteen vaihe-erolla, antennien lähtökulmaa saa nostettua. Tämä vaikuttaa kotimaan

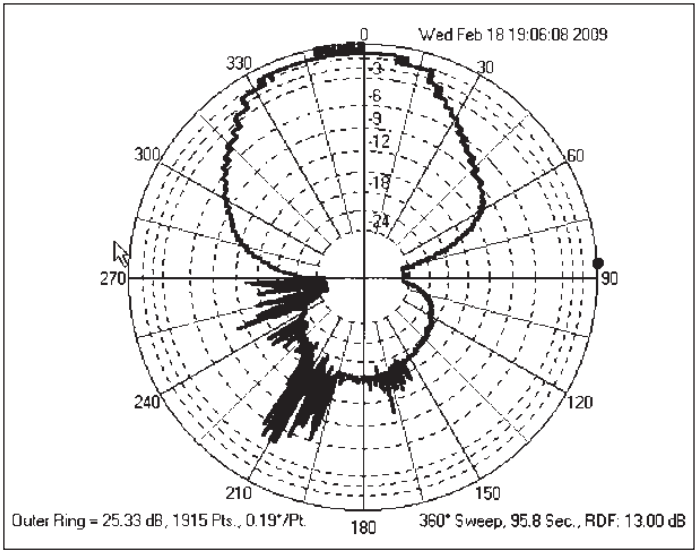
Materiaalit

KPL	Putken koko	7 MHz pituus m	Hyötypituus m
4	40x1,5	2	2
4	35x2	3	1
4	31x1,5	1,20	1,10
4	28x1,5	1,20	(Kela jatkaa n.0,10 m) 1,20
4	25x1,5	0,65	0,6
4	22x1,5	0,55	0,5
4	19x1,5	0,55	0,5
4	15x1,5	0,7	Viritysputki
1	75x3	6,0	
2	Al Latta 60x5	0,4	

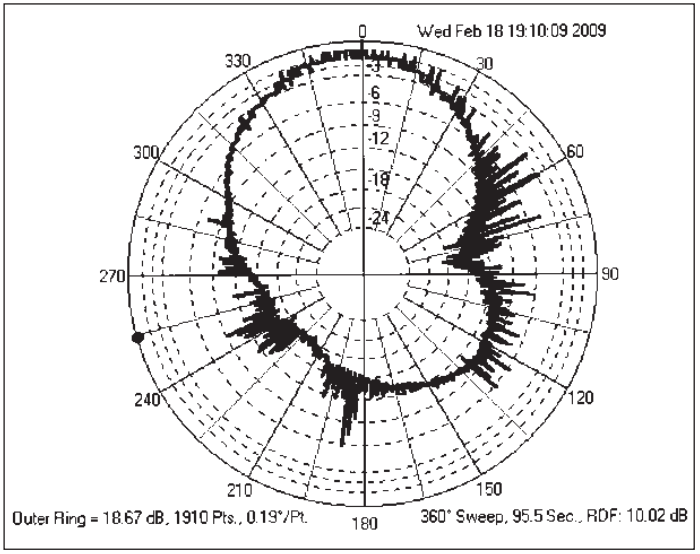
Rautatavara 7 MHz:lle

2	putki 25x1,5 mm	1,2 m
3	latta 30x4 mm	0,12 m
2	latta 100x5 mm	0,2 m
1	5 mm:n teräsköysi	8 m
4	vaijerilukko 5 mm	
	porakärkisiä levyruuveja esim. 3,25x8 mm	
16	Hydrauliikkaletkun kiinnike 38 mm (puolikas)	
16	M6 RST-ruuvi M6x75	
8	M4 RST-ruuvi M4x50	
8	M4 RST-ruuvi M4x35	
14	M4 RST-aluslevy	
20	M4 RST-mutteri	
16	M6 RST mutteri	
30	M6 RST-aluslevy	
4	letkuklemmari 25 mm	
4	25 mm:n lasikuituputki	0,4 m
2	31 mm:n lasikuituputki	0,3 m
12*	pakoputkiklemmari 76 mm	

*riippuen mastoon kiinnityksestä



Kuva 10. Ylemmän antennin mitattu suuntakuvio.

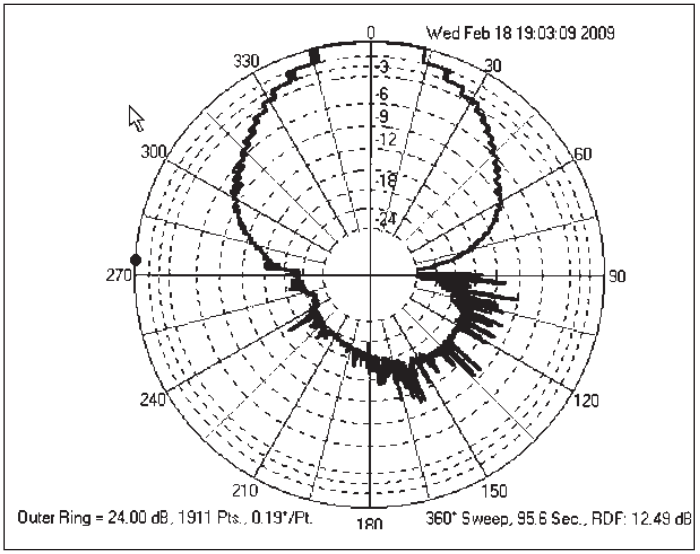


Kuva 11. Alemman antennin mitattu suuntakuvio.

yhteyksillä hyvältä ominaisuudelta; kauempaa tulevat signaalit vaimenevat huomattavasti verrattuna läheltä tuleviin. Tämä auttaa lähempänä olevien asemien kuuntelussa.

Antennit ovat olleet mastossa nyt vajaan vuoden, joten kokemusta on myös talviolosuhteista. Kun keloihin on kerääntynyt jäätä, niin antennin resonanssitaajuus muuttuu jonkin verran, mutta ei niin paljon, että antenni olisi käyttökelvoton. Uudenvuodenaattona 2008 tuli suoritettua myrskytesti, mutta mitään ei särkynyt, vaikka tuuli oli huipuissaan yli 30 m/s.

Mielestäni antennit ovat toimineet niin hyvin, että varmaankin yritän rakentaa tulevaisuudessa vastaavan 3,5 MHz:lle aikaisemmin tekemäni linear-loudatun tilalle! Mutta se on jo toinen tarina…



Kuva12. Stakin mitattu suuntakuvio.